

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-242559

(43)Date of publication of application : 11.09.1998

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

(21)Application number : 09-038927

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP  
<NTT>

(22)Date of filing : 24.02.1997

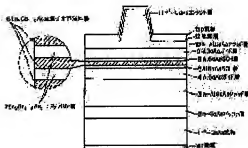
(72)Inventor : NISHITANI AKIHIKO  
SUGO MITSURU

## (54) SEMICONDUCTOR LASER

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a semiconductor laser which is hardly deteriorated when the laser is operated under a high-output condition by oscillating the laser at a specific wavelength by forming clad layers on the surfaces of guide layers respectively formed on and under an active layer composed of a piezoelectric strained single quantum well layer on the opposite sides of the active layer.

**SOLUTION:** A semiconductor laser is constituted by forming an  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $0.2 < x < 0.5$ ) strained quantum well active layer between barrier layers 7, SCH layers 5 and 8, the active layer 6, and barrier layers 7 between the SCH layers 4 and 9, and the active layer and barrier layers 7 between the SCH layers 5 and 8. Two barrier layers 7 are formed and the active layer 6 is constituted of triple quantum well layers. In an example, the In composition (x) and film thickness (t) of the active layer 6 are respectively adjusted to 0.35 and 2.6nm ( $x=0.35$  and  $t=2.6\text{nm}$ ) so as to obtain laser oscillation at a wavelength of  $0.98\mu\text{m}$ . In this case, the number of quantum well layers of the active layer 6 can be increased to that of a quintuple quantum well so as to increase the In composition (x) of the layer 6 by reducing the thickness of each layer.



\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

CLAIMS

---

[Claim(s)]

[Claim 1] A semiconductor laser comprising:

An active layer of a center which consists of an  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $0.2 < x < 0.5$ ) compressive strain single quantum well layer.

A guide layer formed in up-and-down both sides so that this active layer might be inserted, and the above-mentioned active layer of this guide layer and a cladding layer formed in an opposite hand.

[Claim 2] A semiconductor laser comprising:

A multiplex quantum well active layer which consists of an  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $0.2 < x < 0.5$ ) compressive strain quantum well layer and a barrier layer.

A guide layer formed in up-and-down both sides so that this active layer might be inserted, and the above-mentioned active layer of this guide layer and a cladding layer formed in an opposite hand.

[Claim 3] A semiconductor laser, wherein a stress relaxation layer which consists of  $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}_{1-z}\text{P}_z$  is provided in the semiconductor laser according to claim 1 or 2.

[Claim 4] A semiconductor laser making the above-mentioned barrier layer into a stress relaxation layer which consists of  $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}_{1-z}\text{P}_z$  in the semiconductor laser according to claim 2.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the semiconductor laser which carries out laser oscillation on high output semiconductor laser, especially the wavelength of 0.98 micrometer, and can guarantee the reliability at the time of high output operation.

[0002]

[Description of the Prior Art] Conventionally, the semiconductor laser which has the semiconductor layer laminated on the gallium arsenide (GaAs) board is proposed variously. The laser of the 0.6 thru/ or 0.8-micrometer belt which made GaAs/AlGaAs and InGaP the active layer in such a semiconductor laser is used for light information record or reproduction, optical printing, and optical application measurement. The laser of the wavelength range of 0.8 thru/ or 1 micrometers or more which made the active layer the InGaAs/GaAs compressive strain quantum well layer is used as optical communications, especially the excitation light source for fiber amplifier in recent years. Although these laser is asked for high output operation, in order for degradation to guarantee sufficient life at the time of high output operation, the problem of being difficult has arisen.

[0003] Examination of former some has been performed about the degradation style of a semiconductor laser. It is divided roughly into what originates in generating of the scotoma-like defect by optical damage destruction of a resonator edge face, i.e., deterioration of COD (Catastrophic Optical Damage) and the surface, and growth of a crystal dislocation defect, or a dark line-like defect, and breakage of an ohmic electrode as a kind of degradation.

[0004]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] When its attention is paid to the excitation light source of the 1.55-micrometer belt fiber amplifier using  $\text{Er}^{3+}$  ion among the excitation light sources for fiber amplifier, although the semiconductor laser with a wavelength of 0.98 micrometer is used, this light source, in order to make laser oscillation possible on the wavelength of 0.98 micrometer and to obtain sufficient optical gain, the In presentation  $x$  and thickness  $t$  of an  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  compressive strain quantum well active layer are set to  $x = 0.2$  and  $t = 10$  nm as a classic example in order to obtain distortion by In as an active layer, and in order to obtain required light quantity. However, in this semiconductor laser, the In presentation  $x$  in an active layer was low, for this reason, the tolerance over growth of a crystal dislocation defect like a dark line-like defect was low, and this problem of being easy to carry out point degradation existed.

[0005] This invention aims at offer of 0.86 micrometer thru/ or a 1.07-micrometer belt, and the semiconductor laser that enabled it to guarantee reliability that laser oscillation is carried out especially at 0.98 micrometer, and it is hard to produce degradation at the time of high output operation.

[0006]

[Means for Solving the Problem] This invention which attains the above-mentioned purpose has the following invention specific matter.

(1) It has an active layer of a center which consists of an  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $0.2 < x < 0.5$ ) compressive strain single quantum well layer, a guide layer formed in up-and-down both sides so that this active layer might be inserted, and the above-mentioned active layer of this guide layer and a cladding layer formed in an

opposite hand.

(2) A multiplex quantum well active layer which consists of an  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $0.2 < x < 0.5$ ) compressive strain quantum well layer and a barrier layer, It has a guide layer formed in up-and-down both sides so that this active layer might be inserted, and the above-mentioned active layer of this guide layer and a cladding layer formed in an opposite hand.

(3) In the above (1) or (2), a stress relaxation layer which consists of  $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}_{1-z}\text{P}_z$  is provided.

(4) Let the above-mentioned barrier layer be a stress relaxation layer which consists of  $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}_{1-z}\text{P}_z$  in the above (2).

[0007] An  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $0.2 < x < 0.5$ ) compressive strain single quantum well layer is made into an active layer, It has a multiplex quantum well active layer which consists of an  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $0.2 < x < 0.5$ ) compressive strain quantum well layer and a barrier layer, Without thickness for having sufficient distortion by bigger In composition range than this former, and obtaining required light quantity also becoming extremely thin, In multilayer structure which has a barrier layer especially, thickness of an active layer can also control growth of a crystal dislocation defect which is a major factor of degradation by increase in In presentation in an active layer by the pinning effect of In atom on the assumption that it will become sufficient. By giving a compressive strain of a well layer, and equivalent weight of hauling distortion by a stress relaxation layer, stress in an active layer is eased, can control generating of a rearrangement, and further, A vicious circle called reduction of energy difference by generation of heat which made a cause the absorption of light by reduction (the band gap shrinkage effect) of energy difference in the end face accompanying distorted increase by In in a resonator edge face of a semiconductor laser, and which generated heat and \*\* can be severed in a stress relaxation layer.

[0008]

[Embodiment of the Invention] Here, an example of an embodiment of the invention is explained with reference to drawing 1 - drawing 3. Drawing 1 shows section structure vertical to the ridge stripe of the semiconductor laser by this invention. 1 an  $\text{n}^+\text{-GaAs}$  substrate and 2  $\text{n-GaAs}$  buffer layer and 3 A  $\text{n-aluminum}_p\text{Ga}_{1-p}\text{As}$  ( $0.3 > p$ ) cladding layer, 4 and 9 An  $\text{Aluminum}_q\text{Ga}_{1-q}\text{As}$  ( $p > q$ ) guide layer, 5 and 8 are  $\text{Aluminum}_r\text{Ga}_{1-r}\text{As}$  ( $0.2 > r$ ) SCH (Separate-Confinement-heterostructure). Layer, 6 An  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $0.2 < x < 0.5$ ) distortion quantum well active layer, 7 An  $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}_{1-z}\text{P}_z$  ( $1 > y > 0.8, 1 > z > 0.7$ ) barrier layer, As for a  $\text{p}^+\text{-GaAs}$  contact layer and 12, 10 is [ p electrode and 14 ] n electrodes an insulating layer and 13 a  $\text{p-aluminum}_p\text{Ga}_{1-p}\text{As}$  ( $0.3 > p$ ) cladding layer and 11. That is, SCH layers 5 and 8, the active layer 6, and the barrier layer 7 were inserted up and down by the guide layers 4 and 9, and also the active layer 6 and the barrier layer 7 are inserted up and down by SCH layers 5 and 8, and the In presentation x serves as the range of  $0.2 < x < 0.5$  in the active layer 6. The barrier layer 7 turns into two-layer, the active layer 6 is 3-fold quantum well layer, and it becomes barrier layer 7 itself presentation  $\text{In}_y\text{Ga}_{1-y}\text{As}_{1-z}\text{P}_z$  ( $1 > y > 0.8, 1 > z > 0.7$ ), and has become a stress relaxation layer.

[0009] Here, as an example, in order to carry out laser oscillation of the active layer 6 on the wavelength of 0.98 micrometer, it is the In presentation 0.35, and class 2.6 nm in thickness ( $x = 0.35, z = 2.6 \text{ nm}$ ). In this case, in order to increase In presentation further, the number of layers can reduce the thickness of each class, and can increase a number of layers to 5-fold quantum well layer. Or in order to increase the optical gain of an active layer, a number of layers can also be increased. or [ that the presentation of the barrier layer which is also a stress relaxation layer has a refractive index equal to an SCH layer as an example ] — or it sets up become large and have a compressive strain of a quantum well active layer, and equivalent weight of hauling distortion ( $y = 0.95, z = 0.13, t = 3.9 \text{ nm}$ ). Al composition p of a cladding layer sets up Al composition r of an SCH layer more greatly ( $0.3 > p > q$ ) than Al composition q of a guide layer become for it to be larger than 0 and smaller than Al composition q of a guide layer ( $0 > r > q$ ).

[0010] In forming an element, in order to realize this structure, even the epitaxial layers 2-11 are first grown up on  $\text{n}^+\text{-GaAs}$  substrate 1 with an epitaxial crystal growth device (MOVPE method: metal-organic chemical vapor deposition or MBE technique: molecular beam epitaxy method). In MOVPE method, as a raw material for semiconductor film growth, trimethylindium (TMI), Triethylgallium (TEG),

trimethylaluminum (TMA), and an arsine ( $\text{AsH}_3$ ) were used as a n type dopant, and diethyl zinc (DEZn) was used as hydrogen selenide ( $\text{H}_2\text{Se}$ ) and a p type dopant. Epitaxial growing temperature shall be about 700 \*\*, and growing pressure is set to about  $10^{-4}$ Pa. Carrier gas is hydrogen ( $\text{H}_2$ ). In the MBE technique, as a raw material, metallic gallium (Ga), indium (In), aluminum (aluminum), and solid arsenic (As) were used as a n type dopant, and zinc (Zn) was used as silicon (Si) and a p type dopant. Epitaxial growing temperature shall be about 650 \*\*, and growing pressure is set to about  $10^{-2}$ Pa.

[0011]The contact layer 11 and the cladding layer 10 are processed after growth, and a ridge waveguide 1.5 thru/or about 3 micrometers wide is formed. That is, pattern formation is carried out to resist by photo lithography. By a wet type or dry etching, the contact layer 11 and the cladding layer 10 are processed by making this into a mask. The depth of processing may be determined in consideration of horizontal microfiche, and may be etched to the guide layer 9. The insulating layer 12 which consists of an oxide film ( $\text{SiO}_2$ ) of Si by after ridge waveguide formation (for example, the magnetron sputtering method) is formed in the whole substrate face, and etchback removes  $\text{SiO}_2$  which hits the current injection region of the ridge upper part. Then, for example, the p electrode 13 which consists of chromium (Cr) and gold (Au), (Cr/Au) or Ti, platinum (Pt), and Au (Ti/Pt/Au) is formed. Then, the n electrode 14 which grinds a rear face to 100 micrometers in thickness, for example, consists of Au, germanium (germanium) and nickel (nickel), and (Au/germanium/nickel) is formed. Finally the polar zone is completed with an ohmic sinter.

[0012]In this way, cleavage of the formed laser wafer is perpendicularly carried out to a ridge stripe, for example, it is divided into a wafer 10 mm in length, and 900 micrometers in width. Here, in order to make the cleavage plane of the wafer length direction vertical to a ridge stripe into a mirror facet, the cavity length of laser is set to 900 micrometers of wafer width. For example, the nitride ( $\text{Si}_3\text{N}_4$ ) of Si is made to adhere to one cleavage plane of the divided wafer as an antireflection film using plasma CVD method. Then, the magnetron sputtering method is used for another cleavage plane of the aforementioned wafer, for example, for example, aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and the double two-layer film (aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/alpha-Si/aluminum<sub>2</sub>O<sub>3</sub> / alpha-Si) of amorphous silicon (alpha-Si) are made to adhere as a high reflection film. Then, cleavage divides the aforementioned wafer into each laser, and a laser chip is obtained. Using the above-mentioned laser chip, the assembly as a module and mounting are performed and it is considered as a semiconductor laser device.

[0013]In the above, the above-mentioned embodiment explained application to manufacture of AlGaAs ridge type semiconductor laser in detail. However, this invention is applicable also like the semiconductor laser which consists of compound semiconductors other than the semiconductor laser of other structures, for example, embedding type hetero structure, and AlGaAs. A manufacturing process and a device parameter may differ from the above-mentioned thing.

[0014]Drawing 2 contains the semiconductor laser manufactured by the above, i.e., the multiplex quantum well active layer which consists of an  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $0.2 < x < 0.4$ ) compressive strain quantum well layer and a barrier layer. The actuating current at the time of carrying out continuous action of the semiconductor laser in which said barrier layer has a compressive strain of said multiplex quantum well layer and equivalent weight of hauling distortion by optical power fixed 150 mW, and the relation of operating time are shown. The curve 21 is an actuating current curve of the semiconductor laser by this invention. The actuating current curve of the semiconductor laser by conventional technology is shown in the curve 22 for comparison. Here, each semiconductor laser is placed under the environment of 50 \*\*, and actuating current is adjusted so that optical power fixed 150 mW may be obtained. As shown in a figure, with the curve 21, optical power fixed 150 mW is maintained without measurable degradation over 10,000 hours or more. Compared with this, slight slow degradation is observed with the curve 22. With the curve 21, a "burn-in" period is not observed but degradation speed is also below per hour  $10^{-6}$ . The above-mentioned observation shows that the semiconductor laser by the above-mentioned example is excellent in the reliability at the time of high output operation.

[0015]Although the multiplex quantum well active layer was described about drawing 1, as an active layer, it can also form in an  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $0.2 < x < 0.5$ ) compressive strain single quantum well layer. In this

case, while distortion becomes large by the increase in In presentation and growth of a crystal dislocation defect can be suppressed, become the tendency for a layer to become thin by the increase in In presentation, but. The thickness for obtaining required optical power can also be taken enough, and if it takes into consideration suppressing the optical absorption of the end face by providing a stress relaxation layer in the up-and-down both sides of this active layer, etc. especially, the degradation control by a single quantum well active layer is extremely expectable.

[0016]In a single quantum well layer, if there is no barrier layer and drawing 1 is applied, the layer of the barrier layer 7 and the active layer 6 will be made into a single quantum well active layer, but a new layer may be provided in the up-and-down both sides of this active layer as a stress relaxation layer, or a stress relaxation function may be given to an SCH layer and a guide layer.

[0017]Although the example of drawing 1 described being in a multiplex quantum well layer and having made the barrier layer into the stress relaxation layer, the SCH layer of the up-and-down both sides of the multiplex (double) quantum well active layer shown in drawing 3 can be made into the stress relaxation layers 15 and 16, or a new stress relaxation layer can be provided.

[0018]

[Effect of the Invention]According to the semiconductor laser by this invention, growth of the crystal dislocation defect which is a major factor of degradation can be controlled by the pinning effect of In by the increase in In presentation in an active layer so that clearly from having explained above. By the effect of the compensates distortion of a stress relaxation layer, the thermogeneration by the band gap shrinkage effect in the resonator edge face of laser is suppressed, and COD tolerance is improved. Therefore, there is an advantage that the semiconductor laser which has improved the reliability at the time of high output operation can be provided.

---

[Translation done.]

\* NOTICES \*

JPO and INPIT are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

---

DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] A section structure figure vertical to the ridge stripe of the semiconductor laser of an example of the embodiment by this invention.

[Drawing 2] The related figure of the actuating current at the time of carrying out continuous action of the semiconductor laser by conventional technology, and the semiconductor laser by the example of drawing 1 by optical power fixed 150 mW, and operating time.

[Drawing 3] The section structure figure of other examples of this invention.

[Description of Notations]

1  $n^+$ -GaAs substrate

2  $n$ -GaAs buffer layer

3  $n$ -aluminum<sub>p</sub>Ga<sub>1-p</sub>As cladding layer

4 aluminum<sub>q</sub>Ga<sub>1-q</sub>As guide layer

5 aluminum<sub>r</sub>Ga<sub>1-r</sub>AsSCH layer

6 In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As distortion quantum well active layer

7 In<sub>y</sub>Ga<sub>1-y</sub>As<sub>1-z</sub>P<sub>z</sub> barrier layer

8 aluminum<sub>r</sub>Ga<sub>1-r</sub>AsSCH layer

9 aluminum<sub>q</sub>Ga<sub>1-q</sub>As guide layer

10  $p$ -aluminum<sub>p</sub>Ga<sub>1-p</sub>As cladding layer

11  $p^+$ -GaAs contact layer

12 Insulating layer

13  $p$  electrode

14  $n$  electrode

15 and 16 Stress relaxation layer

21 The actuating current curve of the semiconductor laser by this invention

22 The actuating current curve of the semiconductor laser by conventional technology

---

[Translation done.]

特開平10-242559

(43) 公開日 平成10年(1998) 9月11日

(51) Int.Cl.<sup>4</sup>

H 0 1 S 3/18

識別記号

F I

H 0 1 S 3/18

審査請求 未請求 請求項の数 4 O L (全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平9-38927  
 (22) 出願日 平成9年(1997) 2月24日

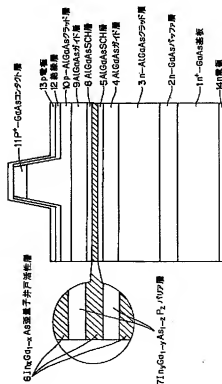
(71) 出願人 000004226  
 日本電信電話株式会社  
 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号  
 (72) 発明者 西谷 昭彦  
 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
 電信電話株式会社内  
 (72) 発明者 須郷 満  
 東京都新宿区西新宿三丁目19番2号 日本  
 電信電話株式会社内  
 (74) 代理人 弁理士 光石 俊郎 (外2名)

(54) 【発明の名称】 半導体レーザ

(57) 【要約】

【課題】 本発明の目的は、高出力、高信頼性半導体レーザを提供することにある。

【解決手段】 少なくとも一層の  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $0.2 < x < 0.5$ ) 圧縮歪量子戸層からなる活性層を含み、前記活性層の圧縮歪と等量の引張り歪を持つ歪補償層を設ける。





## 【特許請求の範囲】

【請求項1】  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $0.2 < x < 0.5$ ) 圧縮歪量子井戸層からなる中央の活性層と、この活性層を挟むように上下両側に形成されたガイド層と、このガイド層の上記活性層と反対側に形成されたクラッド層と、を有する半導体レーザ。

【請求項2】  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $0.2 < x < 0.5$ ) 圧縮歪量子井戸層とバリア層とからなる多重量子井戸活性層と、この活性層を挟むように上下両側に形成されたガイド層と、このガイド層の上記活性層と反対側に形成されたクラッド層と、を有する半導体レーザ。

【請求項3】 請求項1または2記載の半導体レーザにおいて、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_{1-x}\text{P}_x$  からなる応力緩和層が設けられていることを特徴とする半導体レーザ。

【請求項4】 請求項2記載の半導体レーザにおいて、上記バリア層を  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_{1-x}\text{P}_x$  からなる応力緩和層とすることを特徴とする半導体レーザ。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は高出力半導体レーザ、特に波長  $0.98\mu\text{m}$  でレーザ発振し、かつ高出力動作時における信頼性を保証できる半導体レーザに関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 従来、ガリウム砒素 ( $\text{GaAs}$ ) 基板上に積層された半導体層を有する半導体レーザが種々提案されている。このような半導体レーザの中で、 $\text{GaAs}/\text{AlGaAs}$ 、 $\text{InGaP}$  を活性層とした  $0.6$  ないし  $0.8\mu\text{m}$  帯のレーザは光情報記録あるいは再生、光印刷および光応用計測に用いられている。また近年、 $\text{InGaAs}/\text{GaAs}$  圧縮歪量子井戸層を活性層とした  $0.8$  ないし  $1\mu\text{m}$  以上の波長帯のレーザは光通信、特にファイバアンプ用の励起光源として用いられるようになっている。これらのレーザには高出力動作が求められるが、高出力動作時においても十分な寿命を保证するものが劣化のため困難であるという問題が生じている。

【0003】 半導体レーザの劣化形態についてはこれまでいくつかの検討が行われてきている。劣化の種類としては、共振器端面の光学損傷破壊、すなわち COD (Catastrophic Optical Damage) や表面の変質、結晶転位欠陥の増殖による暗点状欠陥あるいは暗線状欠陥の発生、およびオーミック電極の破損に起因するものに大別されている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 ファイバアンプ用の励起光源のうち、 $\text{Er}^{3+}$  イオンを用いた  $1.55\mu\text{m}$  帯ファイバアンプの励起光源に着目するとき、この光源は波長  $0.98\mu\text{m}$  の半導体レーザが用いられ、波長  $0.98\mu\text{m}$  でレーザ発振を可能とし十分な光学利得を得るためには、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  圧縮歪量子井戸活

性層の  $\text{In}$  組成  $x$  及び厚さ  $t$  は、活性層としての  $\text{In}$  による歪を得るため及び必要な発光量を得るため典型例として  $x=0.2$ 、 $t=10\text{nm}$  になる。ところが、この半導体レーザでは、活性層における  $\text{In}$  組成  $x$  が低く、このため暗線状欠陥のような結晶転位欠陥の増殖に対する耐性が低く、この点劣化しやすいという問題があった。

【0005】 本発明は、 $0.86\mu\text{m}$  ないし  $1.07\mu\text{m}$  帯、特に  $0.98\mu\text{m}$  でレーザ発振して高出力動作時に劣化が生じにくい信頼性を保証できるようにした半導体レーザの提供を目的とする。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 上述の目的を達成する本発明は、次の発明特定事項を有する。

(1)  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $0.2 < x < 0.5$ ) 圧縮歪量子井戸層からなる中央の活性層と、この活性層を挟むように上下両側に形成されたガイド層と、このガイド層の上記活性層と反対側に形成されたクラッド層と、を有することを特徴とする。

(2)  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $0.2 < x < 0.5$ ) 圧縮歪量子井戸層とバリア層とからなる多重量子井戸活性層と、この活性層を挟むように上下両側に形成されたガイド層と、このガイド層の上記活性層と反対側に形成されたクラッド層と、を有することを特徴とする。

(3) 上記 (1) 又は (2) において、 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_{1-x}\text{P}_x$  からなる応力緩和層が設けられていることを特徴とする。

(4) 上記 (2) において、上記バリア層を  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}_{1-x}\text{P}_x$  からなる応力緩和層とすることを特徴とする。

【0007】  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $0.2 < x < 0.5$ )

圧縮歪量子井戸層を活性層とし、また  $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$  ( $0.2 < x < 0.5$ ) 圧縮歪量子井戸層とバリア層とからなる多重量子井戸活性層を有しており、この従来の大きな  $\text{In}$  組成範囲により十分な歪を持ち、必要な発光量を得るための厚さも極端に薄くなることなく、殊にバリア層を有する多重構造では活性層の厚みも十分なものとなることを前提に、活性層における  $\text{In}$  組成の増加により、劣化の大きな要因である結晶転位欠陥の増殖を  $\text{In}$  原子のピーニング効果によって抑制できる。また、応力緩和層により井戸層の圧縮歪と等量の引張り歪を持たせることにより、活性層での応力が緩和されて転位の発生を抑制でき、更には、半導体レーザの共振器端面にて、 $\text{In}$  による歪の増大に伴う端面でのエネルギー差の縮小 (バンドギャップ・シュリンケージ効果) による光の吸収を原因とした発熱、そして発熱によるエネルギー差の縮小という悪循環を応力緩和層にて断つことができる。

## 【0008】

【発明の実施の形態】 ここで、図1～図3を参照して本

発明の実施の形態の一例を説明する。図1は、本発明による半導体レーザのリッジ・ストライプと垂直な断面構造を示す。1は $n^+$ -GaAs基板、2は $n$ -GaAsバッファ層、3は $n$ -Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As (0.3 > p) クラッド層、4および9はAl<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As (p > q) ガイド層、5および8はAl<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As

(0.2 > r) SCH (Separate-Confinement-heterostructure) 層、6はIn<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As (0.2 < x < 0.5) 歪量子井戸活性層、7はIn<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As<sub>1-x</sub>P<sub>x</sub> (1 > y > 0.8, 1 > z > 0.7) バリア層、10はp-Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As (0.3 > p) クラッド層、11は $p^+$ -GaAsコンタクト層、12は絶縁層、13はp電極、14はn電極である。すなわち、ガイド層4、9にてSCH層5、8、活性層6、バリア層7を上下に挟み、更にSCH層5、8にて活性層6、バリア層7を上下に挟んでおり、活性層6ではIn組成xが0.2 < x < 0.5の範囲となっている。また、バリア層7は2層、活性層6は3重量子井戸層となっており、バリア層7自体組成In<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As<sub>1-x</sub>P<sub>x</sub> (1 > y > 0.8, 1 > z > 0.7) となつて応力緩和層となっている。

【0009】ここでは、一例として活性層6を、波長0.98 μmでレーザ発振させるためIn組成0.35、各層厚さ2.6 nm (x = 0.35, t = 2.6 nm) としている。この場合、層数は、さらにIn組成を増やすために、各層の厚さを減らして、5重量子井戸層まで層数を増やすことができる。あるいは、活性層の光学利得を増やすために、層数を増やすこともできる。また、応力緩和層でもあるバリア層の組成は、一例として、屈折率がSCH層と等しいかまたは大きくなり、かつ量子井戸活性層の圧縮歪と等量の引っ張り歪を持つように設定する (y = 0.95, z = 0.13, t = 3.9 nm)。クラッド層のAl組成pはガイド層のAl組成qより大きく (0.3 > p > q)、SCH層のAl組成rは0より大きくガイド層のAl組成qより小さくなるように設定する (0 > r > q)。

【0010】この構造を実現するために、素子を形成するに当たり、まずエピタキシャル結晶成長装置 (MOVPE法:有機金属気相成長法、あるいはMBE法:分子線エピタキシャル法) により、 $n^+$ -GaAs基板1上にエピタキシャル層2から11までを成長する。MOVPE法では、半導体薄膜成長用の原料としてトリメチルインジウム (TMIn)、トリエチルガリウム (TEG)、トリメチルアルミニウム (TMA) およびアルシ (AsH<sub>3</sub>) を、 $n$ 型ドーパントとしてセレン化水素 (H<sub>2</sub>Se)、 $p$ 型ドーパントとしてジエチルジシ (DEZn) を利用した。エピタキシャル成長温度は約700℃、成長圧力は約10<sup>-3</sup> Paとしている。キャリアガスは水素 (H<sub>2</sub>) である。MBE法では原料として金属ガリウム (Ga)、インジウム (In)、アルミニウム

(Al) および固体砒素 (As) を、 $n$ 型ドーパントとしてシリコン (Si)、 $p$ 型ドーパントとして亜鉛 (Zn) を利用した。エピタキシャル成長温度は約650℃、成長圧力は約10<sup>-3</sup> Paとしている。

【0011】成長後、コンタクト層11およびクラッド層10を加工して、幅1.5ないし3 μm程度のリッジ導波路を形成する。すなわち、フォトリソグラフィでレジストに対してパターン形成する。これをマスクとして湿式あるいは乾式エッチングにより、コンタクト層11およびクラッド層10を加工する。加工の深さは横モードを考慮して決定し、ガイド層9までエッチングする場合もある。リッジ導波路形成後、例えばマグネシウム・スパッタ法でSiの酸化膜 (SiO<sub>2</sub>) による絶縁層12を基板表面全体に形成し、リッジ上部の電流注入領域にあたるSiO<sub>2</sub>をエッチバックにより除去する。その後、例えばクロム (Cr) および金 (Au) (Cr/Au) あるいはTi、白金 (Pt) およびAu (Ti/Pt/Au) からなるp電極13を形成する。その後、厚さ100 μmまで裏面を研磨し、例えばAu、ゲルマニウム (Ge) およびニッケル (Ni) (Au/Ge/Ni) からなるn電極14を形成する。最後にオーミックシンターにより電極部を完成する。

【0012】こうして形成されたレーザウエハを、リッジ・ストライプと垂直方向に劈開して、例えば長さ10 mm、幅900 μmのウエハに分割する。ここでは、リッジ・ストライプと垂直なウエハ長さ方向の劈開面をミラー・ファセットとするため、レーザの共振器長はウエハ幅の900 μmとなる。分割されたウエハの一方の劈開面には、例えばプラズマCVD法を用いて、反射防止膜として例えばSiの窒化膜 (Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>) を付着させる。その後、前記のウエハのもう一方の劈開面に、例えばマグネシウム・スパッタ法を用いて、高反射膜として例えばAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub> および非晶質シリコン (a-Si) の2重の2層膜 (Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/a-Si/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/a-Si) を付着させる。その後、前記のウエハを、劈開により個々のレーザに分割してレーザチップを得る。上記のレーザチップを用いて、モジュールとしての組立および実装を行い、半導体レーザ装置とする。

【0013】以上、上記実施形態で、AlGaAsリッジ型半導体レーザの製作への適用について、詳細に説明した。しかし、本発明は他の構造の半導体レーザ、例えば埋込み型ヘテロ構造およびAlGaAs以外の化合物半導体からなる半導体レーザにも同様に適用可能である。また、製作工程およびデバイス・パラメータは、上記のものと異なるものであってもよい。

【0014】図2は、上記により製造された半導体レーザ、すなわち、In<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>As (0.2 < x < 0.4) 圧縮歪量子井戸層とバリア層からなる多重量子井戸活性層を含み、前記バリア層が前記多重量子井戸層の圧縮歪と等量の引っ張り歪を持つ半導体レーザを、150

mW一定の光出力で連続動作させた場合の動作電流と動作時間の関係を示す。曲線21が本発明による半導体レーザの動作電流曲線である。比較のために曲線22に従来技術による半導体レーザの動作電流曲線を示す。ここで、それぞれの半導体レーザは、50℃の環境下に置かれ、150mW一定の光出力が得られるように動作電流の調整を行っている。図からわかるように、曲線21では測定可能な劣化なしに、10,000時間以上にわたって、150mW一定の光出力が維持されている。これに比べて曲線22では、わずかな緩慢劣化が観測されている。また、曲線21では「バーンイン」期間が観測されておらず、劣化速度も毎時 $10^{-4}$ 以下である。上記の観測は、上記例による半導体レーザが高出力動作時における信頼性に優れていることを示す。

【0015】図1については多重量子井戸活性層について述べたのであるが、活性層としては $In_xGa_{1-x}As$  ( $0.2 < x < 0.5$ ) 圧縮歪単一量子井戸層にて形成することもできる。この場合、In組成の増加により歪が大きくなり結晶転位欠陥の増殖を抑えることができる反面、In組成の増加により層が薄くなる傾向となるが、必要な光出力を得るための厚さも十分取れることもでき、殊にこの活性層の上下両側などに応力緩和層を設けることで、端面の光吸収を抑えることを勘案すれば単一量子井戸活性層での劣化抑制は極めて期待できる。

【0016】単一量子井戸層ではバリア層が無く、図1を当てはめればバリア層7及び活性層6の層を単一量子井戸活性層とすることになるが、応力緩和層としてこの活性層の上下両側に新たな層を設けたり、SCH層やガイド層に応力緩和機能を持たせてもよい。

【0017】図1の例では、多重量子井戸層にあってバリア層を応力緩和層としたことを述べたが、図3に示す多重(2重)量子井戸活性層の上下両側のSCH層を応力緩和層15、16としたり、新たな応力緩和層を設けることができる。

【0018】

\*

\*【発明の効果】以上説明したことから明かなように、本発明による半導体レーザによれば、活性層におけるIn組成の増加により、劣化の大きな要因である結晶転位欠陥の増殖をInのピーニング効果で抑制できる。また、応力緩和層の歪補償の効果で、レーザの共振器端面におけるバンドギャップ・シュリンケージ効果による熱発生を抑え、COD耐性を高められる。従って、高出力動作時における信頼性を改善した半導体レーザを提供できるという利点がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による実施の形態の一例の半導体レーザのリッジ・ストライプと垂直な断面構造図。

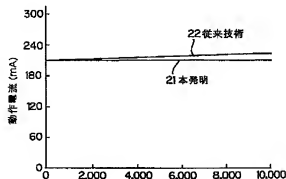
【図2】従来技術による半導体レーザと図1の例による半導体レーザを150mW一定の光出力で連続動作させた場合の動作電流と動作時間の関係図。

【図3】本発明の他の例の断面構造図。

【符号の説明】

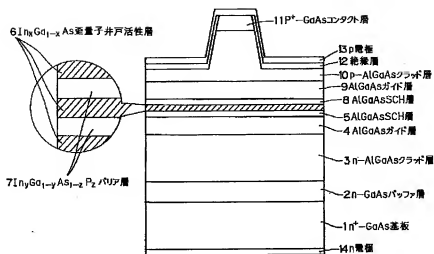
- 1  $n^+$ -GaAs基板
- 2  $n$ -GaAsバッファ層
- 3  $n$ -Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Asクラッド層
- 4 Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Asガイド層
- 5 Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>AsSCH層
- 6  $In_xGa_{1-x}As$ 歪量子井戸活性層
- 7  $In_yGa_{1-y}As_{1-z}P_z$ バリア層
- 8 Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>AsSCH層
- 9 Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Asガイド層
- 10  $p$ -Al<sub>0.3</sub>Ga<sub>0.7</sub>Asクラッド層
- 11  $p^+$ -GaAsコンタクト層
- 12 絶縁層
- 13  $p$ 電極
- 14  $n$ 電極
- 15, 16 応力緩和層
- 21 本発明による半導体レーザの動作電流曲線
- 22 従来技術による半導体レーザの動作電流曲線

【図2】



動作時間 (h)

【図1】



【図3】

